

# 三次元モデルのダイレクト点描画レンダリング

佐貫 裕介<sup>†</sup> 藤代 一成<sup>‡</sup> 大野 義夫<sup>‡</sup>

慶應義塾大学 大学院理工学研究科<sup>†</sup>

慶應義塾大学 理工学部情報工学科<sup>‡</sup>

## 1 背景と目的

点描画(点描主義)は 19 世紀末にジョルジュ・スーラやポール・シニャックらによって確立された画法であり, キャンバスに鮮やかで細かい点を配置していくことで一枚の絵を表現する. 点描画家は, 色彩理論などの知識を導入し, 視覚混色による色彩を表現した. またコンピュータグラフィクスでも点描画風のイメージを生成するフィルタが研究されてきた. 点描画がしばしば NPR(ノンフォトリアリステック・レンダリング)の対象になってきた理由としては, 実際の点描画の制作に, その手法の性質上, ひじょうに時間がかかることや, 画面を構成する要素を点にまで分解できる要素還元的な性質がコンピュータグラフィクスに向いているということが挙げられる.

ただし, 静止画に対応した点描画フィルタは存在するが, 三次元モデルにダイレクトに対応したレンダリング法は現時点でまだ報告されていない. また, 動画への対応も不十分である. そこで本稿では三次元モデルを入力とし, それを二次元画面上に投影する際に直接点に置き換えることにより, 点描画画像を生成する手法を提案する. そのことにより, 本来の点描画法にあった, 描く物体に由来する色と環境による色を分離して描くという発想に, より忠実なレンダリング環境の実現を目指す. 三次元モデルを入力としているので, デプス情報を用いた輪郭線の強調などの表現も採り入れる. またそれを動画にも対応させることで, 二次元画像を入力とするフィルタではできないフレーム間の一貫性を確保する.

## 2 関連研究

### 2.1 点描画フィルタ

代表的な点描画家であるスーラの点描画を再現した Yang ら[1]の研究では, 目的となる色に見せるための数色を, CIELAB カラーシステムを用いて導いている.

また Luong ら[2]は, 点描の輝度に注目し, 輝度の大きく異なる点が隣接しないような点描画フィルタを提案している.

上記のような点描画フィルタの研究では点描画家の想定した理論を NPR として再現することに重

点がおかれている. しかし物体色と環境に由来する色を分けるという点描画家の発想を再現するためには, 二次元画像を入力とするフィルタでは限界がある.

### 2.2 絵画表現にヒントを得たレンダリング手法

Luft ら[3]は, 多くの絵画が輪郭線付近の輝度をコントロールし輪郭の認識性を高めていることから, デプスを利用して三次元モデルの輪郭を強調するレンダリング法を提案している.

## 3 実際の点描画

実際の点描画に使用された色は, スーラの作品などを含む実際の点描画の資料を観察することで推測した. 作品には, 赤, 青, 緑, 黄, 茶, 黒, 白といった色が基本色として使われていることが確認できた. スーラは, 物体の色に由来する点と光や陰など環境に由来する点を分けて描くことで, 明度や彩度の低下の原因となる絵具の混色を極力避けている.

## 4 本研究の手法

本研究で扱うダイレクト点描画レンダリングは, 三次元モデルを入力とするが, 二次元画面上に点を置いていくことにより出力画像が得られる. また, 本手法が出力する点描画画像は, 物体色に由来する点と, 環境に由来する点とに明確に分けられる.

実際には, 読み込んだポリゴンモデルデータに定義された各三角形が, 一枚ずつ以下の処理によって描画される.

1. 光源ベクトルと面の法線からその面の明るさを計算する
2. 三角形を二次元上に投影して塗りつぶす部分を, Z バッファを使用し隠面除去を施しながら特定する
3. ステップ 2 で導いた範囲で, 点に相当する部分に点描する

点描する場所は, 二次元のポワソンディスク分布にしたがう. ポワソンディスク分布とは, どの 2 点も必ずある値以上離れているが, それでいて各点どうしができるだけ接近しているランダムな点群の分布である. 点が置かれるのは物体表面ではなく, あくまでポリゴン面を投影する二次元の描画領域である.

Direct Pointillism Rendering of 3D Models

<sup>†</sup>Yusuke Sanuki, <sup>‡</sup>Issei Fujishiro, <sup>‡</sup>Yoshio Ohno

<sup>†</sup>Graduate School of Science and Technology, Keio University

<sup>‡</sup>Department of Information and Computer Science, Keio University

#### 4.1 シェーディング

光源ベクトルと、面の法線ベクトルから各面の明るさは計算されるが、本手法ではシェーディングを施した後の色をした点を描くわけではない。本手法では、物体色に由来する点と、環境に由来する点を混在させ、その割合を変えることでシェーディングを実現する。光の当たらない部分には黒、もしくは褐色の点を、光をよく反射する部分には白やそれに近い色の点を描く。

#### 4.2 物体色

二次元画像上に点を描く際に使用する色は、陰やもともと暗い色をした物体を表現するための色を除いて、明度の高い一部の色に限る。絵具を混ぜずに敷き詰めて配置し、明度低下の原因になる減法混色を避けるといふ、点描画家のアイデアをより忠実に反映するためである。本手法では、RGB カラーシステムとの変換が容易な HSV カラーシステムを用いて、目的となる色を実現する色の組み合わせを導く。図 1(a)は、点に使用する色を数色に限って出力した画像であり、同図(b)は通常のレンダリングによる出力画像である。

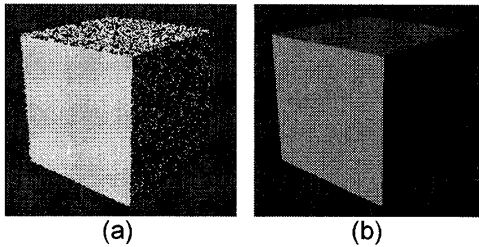


図 1: 立方体の描画. (a)ダイレクト点描画レンダリング. (b)通常のレンダリング.

#### 4.3 輪郭の強調

点描画は、限られた色の点だけで構成されるということもあり、似た色の物体が二次元画像上で隣り合うと、物体どうしの境界が判別し難い。そこでデプスを利用し輪郭を強調する手法[3]を採り入れる。デプスが不連続な部分は輪郭にあたるため、その部分の点の色をコントロールすることで、物体の輪郭を強調できる。実際にはシェーディングと同様に、異なる色の点が混在する割合を変える。図 2 は輪郭を強調した画像である。2 枚の画像とも輪郭を挟んだデプスの深い側で点の色の割合を変えているが、(a)は暗い色の、(b)は明るい色の点を多く混ぜたものである。

#### 4.4 アニメーションへの対応

アニメーションに対応させる際、上記の手法をフレームごとに施した場合、フレーム間で個々の点の色の一貫性が保たれない。そこで、ポワソンディスク分布の点群のすべての点にランダムな値をあらかじめもたせ、面の明るさに応じて環境に由

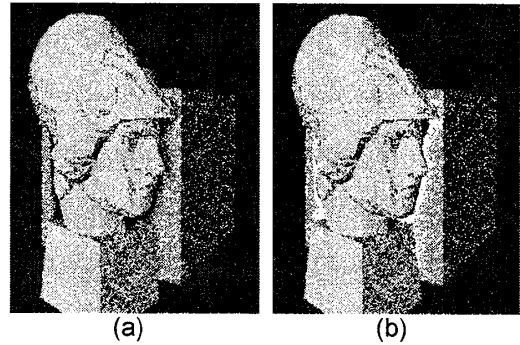


図 2: 輪郭線の強調を施したダイレクト点描画レンダリング. 立方体を構成する点の色の割合を変えることで手前の像の輪郭を強調した. (a)暗い点の割合を上げることによる輪郭強調. (b)明るい点の割合を上げることによる輪郭強調.

来する点と物体色による点に振り分けた。そうすることで、フレーム間で物体の位置やライティングが変わっても、最小限の点の色だけが変化する。もともと物体色になりやすい値をもつ点であれば、その点にあたる面が完全に陰にならない限り物体色を保持し、もともと環境に由来する色になりやすい値をもつ点であれば、多くの場合それは陰や光を表現する点になる。アニメーションの実例は、当日の発表で紹介する。

## 5 まとめ

三次元モデルを入力としたことで、物体色と環境に由来する色を明確に分離でき、点描画家の本来の発想をより忠実に反映できた。また、環境に由来する色の点が混在する割合を変えることでシェーディングを実現することにより、ポリゴン数の多い物体の画像でもそのポリゴン面の境目が目立たない効果を確認できた。アニメーションへの対応では、フレーム間でほとんどの点の色を変える必要がないという、時間アンチエイリアシングの実現にもつながった。

## 謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金基盤研究(B)20300033 の支援により実施された。

## 参考文献

- [1] Chuan-Kai Yang, Hui-Lin Yang: "Realization of Seurat's pointillism via non photorealistic rendering," *The Visual Computer: International Journal of Computer Graphics*, Vol. 24, No. 5, pp. 303-322, May 2008.
- [2] Tran-Quan Luong, et al.: "Isoluminant Color Picking for Non-Photorealistic Rendering," in *Proceedings of Graphics Interface 2005*, June 2005, pp. 233-240.
- [3] Thomas Luft, et al.: "Image Enhancement by Unsharp Masking the Depth Buffer," in *Proceedings of ACM SIGGRAPH 2006*, July 2006, pp. 1206-1213.